

鉄道車両用遠隔操作型ボールコックの開発と省配管化の検討

The Remote-Operated Ball Valve, Detail of Development and Feasibility Study of Simplification for Air Pipe

今岡 憲彦 Norihiko IMAOKA
長本 昌樹 Masaki NAGAMOTO
半田 直一 Naoichi HANDA
川上 清温 Kiyoharu KAWAKAMI
松岡 茂樹 Shigeki MATSUOKA

鉄道車両の床下空気配管に設置したボールコックの使い勝手を向上させるため、遠隔操作可能なボールコック「Air Lead™」を開発した。遠隔操作方式を3種類設定することで、ボールコックと操作ハンドルの距離、位置関係に合わせた使い分けが可能である。これらを組み合わせることで、ボールコックの使い勝手を良くする他に、空気配管をシンプルにする（省配管化）ことができ、管摩擦抵抗減少によるエネルギーロス低下、機器設置自由度の向上などの二次効果を得られる。さらに、踏切事故時の配管ダメージ回避、複数位置からの遠隔操作も可能となる。モデル配管に対して省配管化効果の確認を行ったところ、配管長は最大53%減、管摩擦抵抗は最大63%減となった。

To improve ball valve operation on railcar, we developed three types of remote-operated ball valves. These ball valves are variety of Air Lead™. These ball valves, different in transmission of operate power, exist for assigning to several situation; relative position between air pipe and operate handle. Air Lead™ provide good benefit, improving usability of ball valve, simplifying air pipe, reducing energy loss on air supply, and improving space utilization. Air Lead™ can supply multiple operation handles. Furthermore, Air Lead™ can keep air pipe away from collision area on level crossing accident. By feasibility study of simplification for air pipe, Air Lead™ can reduce 53% pipe length, and 63% friction resistance in pipe.

1 はじめに

鉄道車両用空気配管には、切り替えおよび締め切りのために多くのボールコックを使っている。床下に設置しているボールコックの大半は、取り扱いのしやすさを考慮して、車体側面近くや車端部近くに設置されているが、配管の端部ではなく配管途中に設ける必要がある（図1参照）。それら配管の取り回しの関係から、ボールコック取り付け可能位置に制約が生じ、使い勝手向上の余地が残っている。

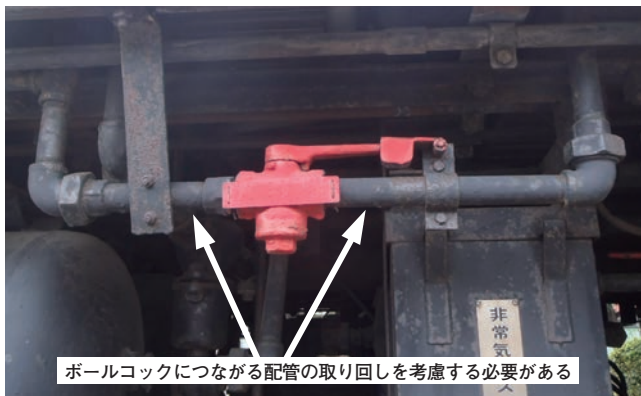


図1 車体側面近くの空気配管とボールコック

当社では、現状よりも空気配管用ボールコックの使い勝手を向上させるため、Air Lead™（読み方:エアリード）

という名称の鉄道車両用遠隔操作型ボールコックを開発した。Air Lead™は、ボールコック本体と操作ハンドルを分離することで、ボールコック前後の配管の取り回しを考慮しなくても、取扱者が操作しやすい位置に操作ハンドルを設置することができる。

また、Air Lead™を使うことで、操作ハンドルの位置をずらさずに、空気配管を最短距離で設置することも可能となる。そこで、既存の鉄道車両の空気配管に対する削減効果の検討も行った。併せて以下に記す。

2 Air Lead™開発の背景

鉄道車両における空気装置は、鉄道車両に真空ブレーキが搭載されたところから100年以上にわたる非常に長い歴史がある。鉄道車両の主要な空気装置はブレーキであり、安全な運行に密接に関係する装置であることから、非常に保守的な考えに基づいて設計されている。これまでも大小さまざまな改善・改良案が各方面から提案され、ブレーキ制御装置内などの限られた場所では改良が進んでいる⁽¹⁾が、車両全体で見ると改善・改良が進んでいるとは言い難い。安全性を非常に重視する装置であるので、実績の無いものは受け入れられにくい状況にあることが理由である。そのため、戦前に制定された基準がそのまま使われているケースもある。

近年では、空気ばね車両が一般的となり、また、高度なブレーキ制御や、車体の振り子制御を空気圧で行う車両も登場している。複雑な配管を持つ車両が出てきており、またそのような車両では床下機器も多いため、配管取り回しが一層難しくなる。このような状況において、当社では、次世代ステンレス車両sustinaの量産車開発に向けて、鉄道車両用空気配管の改善・改良に取り組んだ。現状よりもボールコック操作ハンドルの使い勝手を良くすることを第一に考え、さらに、現状よりも自由に敷設できてシンプルな経路にすることができる空気配管を目指した。空気配管はシンプルな経路にすることにより、エネルギーロスを少なくすることが可能である。

ボールコックは、ドレン抜き用などの一部を除き、配管途中に設ける必要がある。そのため、ボールコックの前後に最低2本の配管がつながっている。ボールコックの設置可能範囲は比較的限られており、操作ハンドルの使い勝手を良くするためには、ボールコック本体と操作ハンドルを分離させることが必要となる。そこで、ボールコック本体を遠隔操作できる操作ハンドルの開発を行った。

改善・改良にあたっては、実績を非常に重視する状況を踏まえ、高圧空気の接する部分は実績豊富な従来部材のみを使用することとした。そのようにして改善・改良した成果の一つが、今回紹介する新開発品のAir Lead™である。

3 Air Lead™の概要

本章では、Air Lead™のコンセプト、使用の効果を記す。

3. 1 Air Lead™の基本コンセプト

前述の通り、Air Lead™は鉄道車両の床下空気配管にあるボールコックの使い勝手を向上させるため、ボールコックを遠隔操作可能にする装置として開発した。

床下空気配管には、元空気ダメ管（MR管）、ブレーキ管（BP管）、空気ばね用の圧縮空気供給管などがある。いずれの配管に設けられたボールコックも、営業運転中に車上から操作する必要がないものである。また、異常発生時にのみ使うボールコックも多いので、操作の際には外部からエネルギーの供給を受けられない可能性が高い。それらの状況を踏まえ、

- ①過酷な環境下でも破壊・故障しにくい簡便な構造。
 - ②エネルギー供給が無い状態でも手動で操作可能。
 - ③空気管路部分は従来の部品で構成可能。
 - ④既存の空気配管部品に後付け可能な装置構成。
- となるコンセプトの製品とすべく、開発を進めた。

Air Lead™は、これまであまり考えられてこなかった形で鉄道車両用空気配管を改善・改良するアイテムである。

そこで、開発に際しては関連する技術の特許を出願した。

3. 2 Air Lead™名称の由来

Air Lead™の名称は、空気配管の装置であることを示すAirと、「引く」、「導く」などの意味を持つLeadを組み合わせたものである。Leadには「先導する」、「先進の」という意味もあり、新しい考えに基づいて開発したAir Lead™の持つイメージも表現している。図2にAir Lead™のロゴを示す。



図2 ロゴ

3. 3 Air Lead™使用による効果

Air Lead™を使用することにより、現時点では以下のような効果が得られることがわかっている。

- ①配管のシンプル化による配管長の縮減と車両軽量化
配管取り回しが減ることで配管が短くなり、車両軽量化を図れる。
- ②配管長縮減による管摩擦抵抗減少とエネルギーロス低下
配管長が短くなることで管摩擦抵抗が減少する。特に、取り回しの際に用いる多くの継手が減ることで管摩擦抵抗が大きく減少する。管摩擦抵抗の減少はエネルギーロス低下を意味し、空気圧縮機の容量低減や運転効率化による負荷低減、応答性向上を見込める。また、配管径をサイズダウンすることによる車両軽量化も可能となる。
- ③配管のシンプル化による機器類ぎ装位置自由度向上
配管取り回しが減ることで、従来まで取り回しのために確保していたスペースが不要となり、他の機器類のためのぎ装スペースが増える。これにより、空気配管以外の機器類のメンテナンス性向上や、重量バランスの最適化を図れる。
- ④事故発生時の配管ダメージ回避

鉄道車両の空気配管は、平常時の取り扱いのしやすさを考慮して車端部近くにボールコックを配置している。そのため、踏切事故のような列車前頭部を破壊するアクシデントが発生した場合、壊れる可能性が非常に高くなる。仮に空気配管がダメージを受けると、ブレーキ装置が動作しなくなることによって自走できなくなり、復旧に長い時間を要することになる。Air Lead™を使い、操作ハンドルだけを車端部に設け、空気配管自体を車端部から離れたところに通せば、従来と同様の使いやすさのままで、事故の際のダメージを回避できる可能性が高まる。

⑤ボールコック操作ハンドルの集約が可能

特定の場所に操作ハンドルを集約することで、車両全体のボールコック開閉状態を確認できる。これにより、ボールコック切り替え時の操作ミスの発生を減らせる可能性がある。

⑥複数位置からの遠隔操作・状態確認が可能

1つのボールコックに対して複数の操作ハンドルを設置することで、複数位置から遠隔操作が可能となる。その際、全ての操作ハンドルはつながっているので、ある操作ハンドルを動かせば、他の操作ハンドルも同期して動き、開閉状態の確認も行えるようになる（図3（b）参照）。従来の空気配管では、ボールコックを配管に直列ないしは並列に設置することで、複数個所で操作できるようにしていたが、各ボールコックの開閉状態は、それぞれの操作ハンドルを直接的に確認するしかなかった（図3（a）参照）。

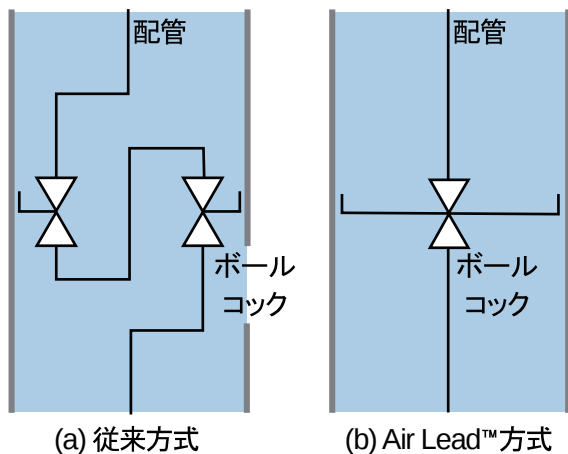


図3 複数位置からの操作方法の違い

4 Air Lead™の種類

Air Lead™は、遠隔操作距離、およびボールコックと操作ハンドルの位置関係に合わせて3種類設定した。いずれのAir Lead™においても、鉄道車両で通常使っている10G（3/8”）から25G（1”）のボールコックに対応している。以下、それぞれの概要を記す。

4. 1 Air Lead™ Type S

ボールコックのステムを延長する形でシャフトを設け、空気配管から離れたところに操作ハンドルを設けられるようにしたものである（図4参照）。シャフトを介してトルクを伝達する。300mm程度の比較的短い距離を遠隔操作する場合に用いる。なお、Type Sという名称は、ステム（Stem）の頭文字から取ったものである。

後述する2種類のAir Lead™と異なり、ボールコック



図4 Air Lead™ Type S

本体と剛結合している。そのため、通常のボールコック操作ハンドルとの操作感の違いはほとんど無い。また、部品点数が格段に少ないのが特徴である。

4. 2 Air Lead™ Type F

Type Sでボールコックのステムを延長しているシャフト部分を、剛体のロッドからフレキシブルシャフトに変更したものである。フレキシブルシャフトを介してトルクを伝達する。Type Sではボールコックの回転軸と操作ハンドルの回転軸が同一線上に並んでいる必要があるが、Type Fでは操作ハンドルの設置位置に若干の自由度を持たせることができる。Type Fでは500mm程度の、比較的短い距離を延長する場合に用いる。なお、Type Fという名称は、主要構成要素であるフレキシブルシャフト（Flexible Shaft）の頭文字から取っている。

フレキシブルシャフトは、フレキシブルグラインダ、フレキシブルドライバ、チューブクリーナなどに使われている。比較的一般的な部材である。

Type Fでは、ねじり剛性の高いものを使用する。そのため、通常のボールコック操作ハンドルとの操作感の違いはあまり無い。

4. 3 Air Lead™ Type R

他の2種類のAir Lead™とは異なり、長距離遠隔操作を目的として開発したものである。ボールコックのステムにワイヤロープを掛け、ステムの回転をワイヤロープの引張力に変換して遠隔操作する（図5参照）。Type Rでは標準的な遠隔操作距離を3mとしているが、15m程度まで伸ばしても問題はない。なお、Type Rという名称は、ロープ（Rope）の頭文字から取っている。

ワイヤロープは、自転車のブレーキに使われているも

のが最も一般的であるが、パワーウィンドウの駆動部分、内視鏡などにも使われている。鉄道車両でも、電気式ドアエンジンにおける本体と解錠ハンドルとの間の荷重伝達に使われており、ドアエンジンから離れた位置でのドアロック解除を可能にしている。なお、今回使用したワイヤロープは、過去に鉄道車両での使用例の無い樹脂皮膜付きのものなので、鉄道車両用材料の燃焼性試験（一般に、車材燃試と呼ばれる試験）を実施した。難燃性評価を得ている。

Type Rのワイヤロープは比較的伸びにくいタイプのものを選定している。また、ボールコックの開閉動作それぞれのために引張用のワイヤロープを設けている（つまり、ワイヤロープを使って圧縮力を伝えない）ので、通常のボールコック操作ハンドルとの操作感の違いはあまり無い。

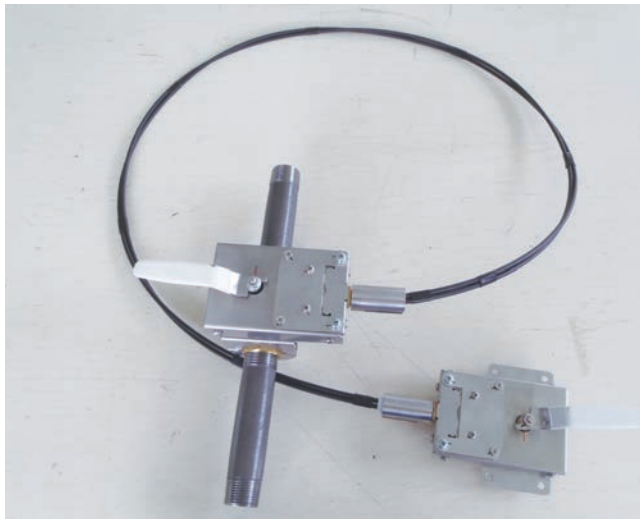


図5 Air Lead™ Type R

5 Air Lead™を使っの省配管化検討

本章では、Air Lead™を使っの省配管化効果の検討をおこなう。

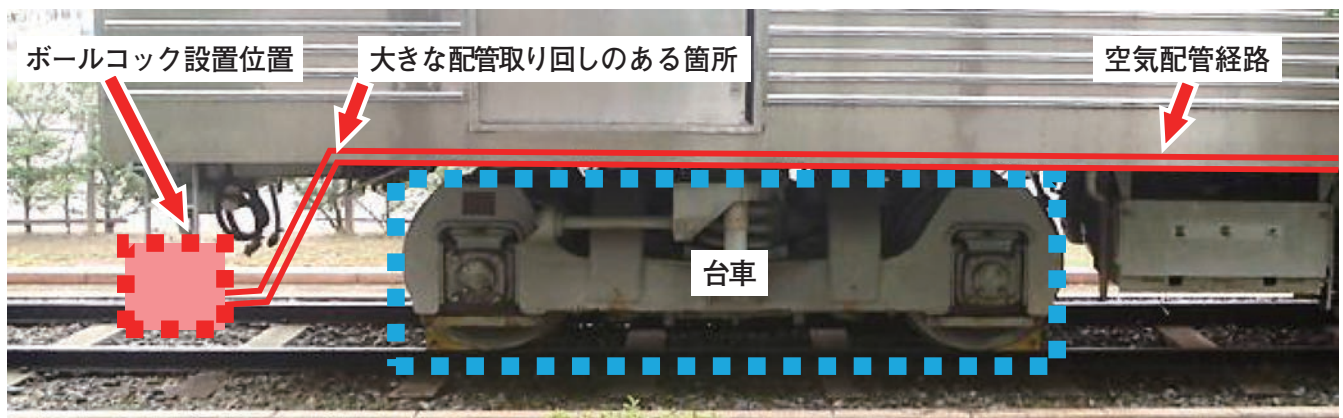


図7 台車近傍



図6 車端部ボールコック

5. 1 省配管化検討対象

車端部のボールコックは、車両の連結・解放の際に操作するため、車体隅柱の直下付近にある。ピット線でも操作しやすくするため、設置位置は比較的低い（図6参照）。

台車近傍の空気配管は、台車の運動を支障しないように車体中心寄りの台枠内を通してている。そのため、車端部の空気配管は、水平方向にも垂直方向にも大きな取り回しが必要になっている（図7参照）。

そこで、車端部の空気配管を模擬した一般的な配管モデルを基準にして、Air Lead™の省配管化効果を検討する。

5. 2 省配管化検討

基準となる車端部空気配管図を図8に示す。これは、通勤車両車端部の空気配管を一般的なモデルに変換したものである。

図中の配管は全て25G（1"）としている。継手類は基準どおりのものを使用。ただし、通常では多用するユニオンは、検討を簡便にするため取り付けていない状態とする。

ボールコックは枕木方向の配管の途中に取り付けている。車体床上面から500mm下方にある。

台車直上の配管は、車体床上面から59mm下方にある。一方、端バリ下の配管は、端バリをよけるために車体床上面から246mm下方にある。

配管延長（ここでは、継手部分を直角と見なした上での配管中心線の総延長と定義）は1986mm。継手個数は6個となった。これ以降、配管延長の低減量を省配管化効

果とみなす。

Air Lead™ Type Sを使った場合の配管図を図9に示す。

車体上面視での配管位置は図8の基準とあまり変わらないが、車体下方への配管取り回しが不要となり、車体断面視での配管配置は図8の基準と相違がある。

配管延長は1476mm。基準に対して-510mm（基準比26%減）となる。継手個数は5個。基準に対して1個減となった。

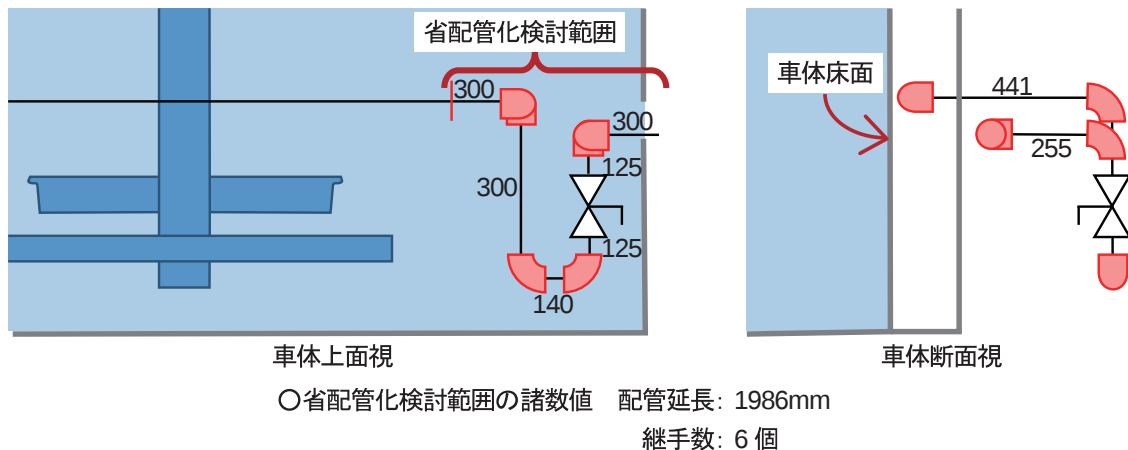


図8 車端部空気配管図 — 基準：従来技術のみ使用の場合

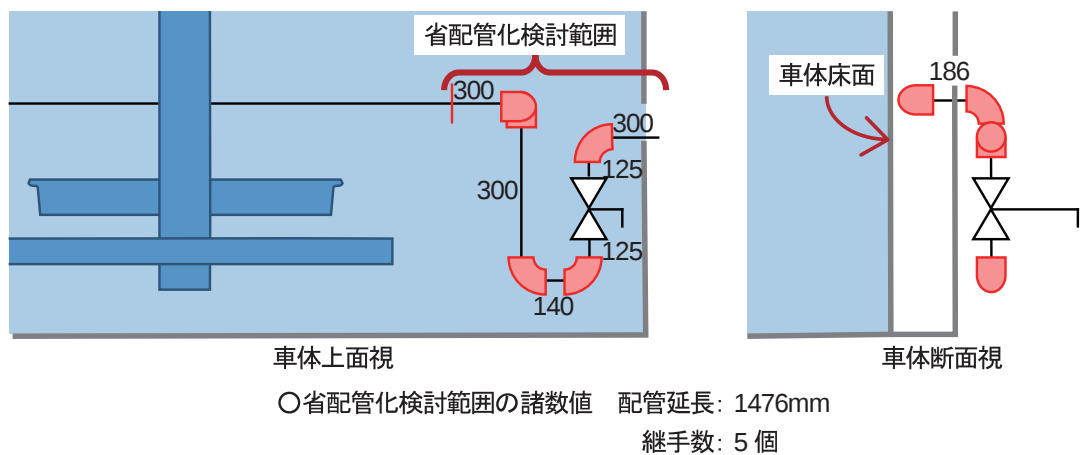


図9 車端部空気配管図 — Air Lead™ Type S 使用の場合

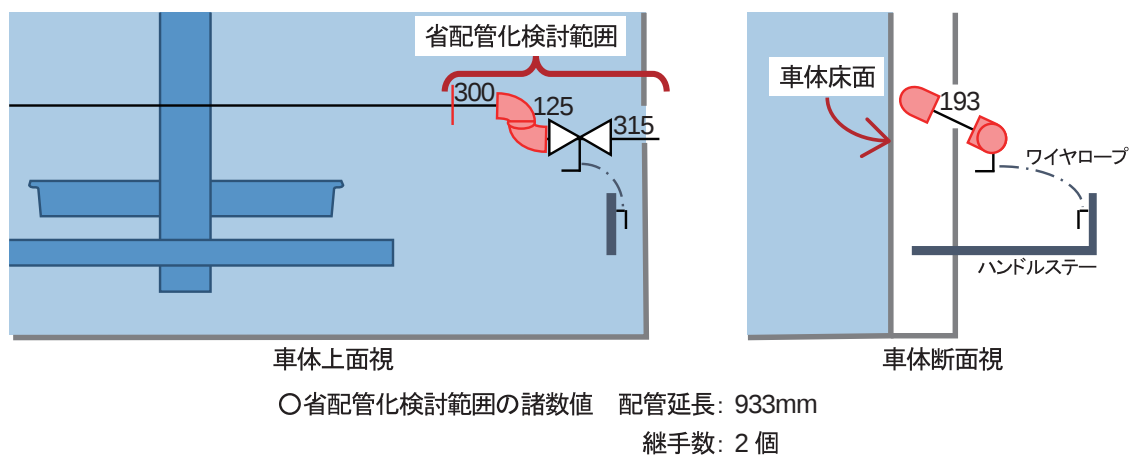


図10 車端部空気配管図 — Air Lead™ Type R 使用の場合

Air Lead™ Type Rを使った場合の配管図を図10に示す。配管配置は大きく変わり、配管取り回しがほとんど無い状態になっている。

配管延長は933mm。基準に対して-1053mm（基準比53%減）となり、ほぼ半減となる。継手個数は2個。基準に対して4個減となった。

次に、管摩擦抵抗の減少量について検討する。ここでは、25G（1"）90度エルボの相当管長（継手の管摩擦抵抗を、直管で同じ管摩擦抵抗になる時の長さで表したものを）を900mmと仮定する。

基準の配管図の管摩擦抵抗を直管の配管長さで表すと $1986 + 900 \times 6 = 7386\text{mm}$ となる。同様の計算法によれば、Air Lead™ Type Sを使った場合は5976mm（基準比19%減）、Air Lead™ Type Rを使った場合は2733mm（基準比63%減）となる。省配管化検討範囲の狭い範囲に限った話ではあるが、Air Lead™使用により管摩擦抵抗が大幅に減少することがわかる。

6 Air Lead™使用例

現時点で、南海電気鉄道の2000系一部編成に試験搭載している。車外の側引戸一斉開放コックにAir Lead™ Type Rを取り付け、一斉開放コックの操作性向上を図っている。

7 まとめ

Air Lead™を開発し、省配管化効果を確認した。

一般的な通勤車両の車端部を模擬したモデル配管に対する省配管化効果は、Air Lead™ Type Sで26%減、Air Lead™ Type Rで53%減となる。継手個数の減少も伴っているため、管摩擦抵抗はAir Lead™ Type Sで19%減、Air Lead™ Type Rで63%減となった。

今後、ユーザの意見を聞きながら、Air Lead™の完成度を高めていきたいと考えている。

参考文献

- (1) 三菱重工業：「新接合技術の2次元集積配管「M-iPIS（ミピス）」を開発」、三菱重工ニュース 3926号、(2001)

著者紹介



今岡憲彦
生産本部
技術部（商品開発） 主査



長本昌樹
生産本部
技術部（商品開発） 課長



半田直一
生産本部
技術部（ぎ装設計） 主任技師



川上清温
生産本部
技術部（ぎ装設計）



松岡茂樹
技術士（機械部門）、日本機械学会フェロー
生産本部
技術部 部長（商品開発）